

ՀՏԴ 620.31

Ա.Ժ. ԽԱԶԱՏՐՅԱՆ

ԱՐԵՎԻ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ԿՈՒՏԱԿԻԶ - ՕԴԱՏԱՔԱՑՈՒՑԻԶ ՍԱՐՔԱՎՈՐՈՒՄ

Առաջարկվում է այլընտրանքային էներգետիկայի ոլորտի Արևի էներգիայի կուտակիչ սարքավորում, որի միջոցով հնարավոր է օրվա ընթացքում՝ մինչև ուշ գիշերային ժամերին, ստանալ մեծածավալ տաք օդային հոսքեր: Ներկայացվող սարքը հնարավորություն է տալիս լուսավոր օրվա ընթացքում կուտակված Արևի էներգիան կամայական պահի փոխակերպել օդային հոսքի ջերմային էներգիայի:

Առանցքային բաներ. Արևի էներգիա, ջերմային կուտակիչ, օդատաքացուցիչ:

Ներկա փուլում Արևի էներգիայի կուտակման խնդիրը այլընտրանքային էներգետիկայի բնագավառի առավել արդիական հարցերից մեկն է, քանի որ շատ դեպքերում Արևի էներգիայի պահանջարկն զգացվում է օրվա ոչ այնքան ցերեկային, որքան մութ ժամերին [1-5]: Էներգիա կուտակող կամայական սարքավորման աշխատանքի հիմքում ընկած է էներգիայի փոխակերպման առնվազն երկու պրոցես, որոնք կարող են ընթանալ ինչպես իրար զուգորդելով, այնպես էլ իրար հաջորդելով: Այսպես, Արևի էներգիայի պարագայում առաջին պրոցեսը լուսային էներգիայի փոխակերպումն է ակումուլյացնող (կուտակող) սարքի էներգիայի: Վերջինիս բնույթը կարող է լինել, մասնավորապես, ջերմային, էլեկտրական և այլն: Էներգիայի փոխակերպման երկրորդ պրոցեսը ակումուլյացված էներգիայի փոխակերպումն է սպառման ենթակա էներգիայի: Վերջինը շատ դեպքերում լինում է ջերմային կամ էլեկտրական էներգիայի տեսքով: Անվանենք նշված պրոցեսներից առաջինը ակումուլյացիոն, իսկ երկրորդը՝ ապասկումուլյացիոն:

Կամայական փոխակերպման ցանկացած պրոցես միշտ զուգորդվում է էներգիայի որոշակի կորստով, որը քանակապես բնութագրվում է տվյալ պրոցեսին համապատասխանող օգտակար գործողության գործակցով (օ.գ.գ.): Քանի որ կուտակիչ սարքի աշխատանքը ենթադրում է առնվազն երկու փոխակերպման պրոցեսներ, ապա նրա աղյուսավետությունը պետք է գնահատվի առնվազն երկու օ.գ.գ.-ներով, առաջինը՝ պայմանավորված ակումուլյացիոն պրոցեսով, իսկ երկրորդը՝ ապասկումուլյացիոն: Այլ կերպ ասած, գոյություն չունի էներգիան կուտակող սարքավորում, որի միջոցով հնարավոր լիներ 100%-ով ակումուլյացնել ստացված ողջ էներգիան: Էներգիայի կորստով է նաև զուգորդվում ապասկումուլյացիոն պրոցեսը (ակումուլյացված էներգիայի փոխակերպումը սպառման

համար պահանջվող էներգիայի): Պարզ է նաև, որ գոյություն չունի կուտակած ողջ էներգիան 100%-ով ապասկումուլացնող սարքավորում:

Այսպիսով, կամայական ակումուլյացիոն սարքի աշխատանքի հիմքում, անկախ նրա կառուցվածքային առաձնահատկություններից և նրանում օգտագործվող նյութերի տեսակից, միշտ ընկած է երկու օ.գ.գ.-ների գործոնը: Էներգիայի ակումուլյացիոն-ապասկումուլյացիոն սարքավորման համար էական է նաև փոխակերպմանը ենթական էներգիայի ձևերի հարցը. ինչպիսի՞ն է նախնական ակումուլացմանը ենթակա էներգիայի ձևը, ինչպիսի՞ էներգիայի ձևով նա պետք է ակումուլացվի, և ինչպիսի՞ էներգիայի ձևով այդ ակումուլացված էներգիան պետք է սպառվի: Էներգիայի տարբեր ձևերից մեկի՝ մյուսին փոխակերպման դեպքում օ.գ.գ.-ը, որպես կանոն, լինում է ավելի փոքր, քան նույնաձևերի միջև: Նշենք, որ նույնաձև էներգիաների փոխակերպումը հաճախ անվանում են էներգափոխանցում, օրինակ, տաք ջրի ջերմային էներգիան փոխարկվում է օդի էներգիայի:

Ջերմային էներգիայի տեսքով Արևի էներգիայի կուտակման համար ակումուլացնող սարքավորումներում հիմնականում, որպես ջերմակրիչ միջավայրեր, օգտագործվում են հեղուկ նյութերը: Որպես կանոն, դա լինում է կամ ջուր, կամ բարձր գոլորշիացման ջերմաստիճանով յուղ (US 4766884 A, PՓ 2527270, PՓ 2471129, PՓ 2413139, PՓ 2350853, US 3277883 A և այլն): Հեղուկ միջավայրերի կիրառումը Արևի էներգիայի կուտակման համար, ջերմային էներգիայի տեսքով, պայմանավորված է այդ միջավայրերի բարձր ջերմահաղորդականության արդյունքում կոնվեկցիայի մեխանիզմի առաջացմամբ: Այդ պատճառով հեղուկ պարունակող Արևի ճառագայթման ներքո ծավալային տարրի տաքացած պատերի ջերմությունը շատ արագ փոխանցվում է հեղուկին՝ տարածվելով նրա ողջ ծավալով: Հեղուկ միջավայրերի՝ Արևի միջոցով տաքացման համար կիրառվում են նաև Արևի էներգիայի խտարարներ: Նմանատիպ համակարգերը տաքանում են մինչև բարձր ջերմաստիճաններ, ուստի, գոլորշիացումից խուսափելու համար, նրանցում իրականացվում է հեղուկի հարկադրական շրջանառություն:

Հայտնի են Արևի էներգիայի ջերմային կուտակիչ սարքավորումներ՝ հիմնված նյութերի, այսպես կոչված, փուլային անցումների վրա, երբ նյութը, ջերմաստիճանից կախված, փոխում է իր ագրեգատային վիճակը: Օրինակ, զրո աստիճանի սառույցից զրո աստիճանի ջուր ստանալու համար պահանջվող էներգիան բավարար է նույն քանակությամբ ջուրը 80°C -ով տաքացնելու համար: Լայն կիրառություն են գտել Արևի էներգիայի ջերմային կուտակիչները՝ հիմնված նատրիումի սուլֆատի վրա: Այդ աղը ենթարկվում է փուլային անցման 32.2°C ջերմաստիճանի դեպքում, և նրա պինդ վիճակից հեղուկ վիճակի անցման համար պահանջվող

Էներգիայի քանակը կազմում է մոտ 78.5 կՋ/մոլ: Հայտնի են նաև Արևի էներգիայի ջերմակուտակիչ համակարգեր՝ այլ աղային միացությունների հիման վրա:

Չնայած այն բանին, որ պինդ նյութի հիման վրա (երբ ջերմակրիչ միջավայրը պինդ նյութ է) ջերմակրիչ համակարգերը չափազանց լայն տարածում են գտել ջերմաէներգետիկայի ոլորտում, այդուհանդերձ, Արևի էներգիայի բնագավառում, ինչպես նշվել էր, իբրև ջերմակրիչ միջավայր դիտարկում են կամ հեղուկները, կամ աղային լուծույթները: Ներկայումս պինդ նյութերի ջերմային էներգիայի տեսքով Արևի էներգիայի կուտակման հիմնախնդիրը լուծվում է հիմնականում գունավոր, ճառագայթումն ուժեղ կլանող ապակիների կիրառմամբ:

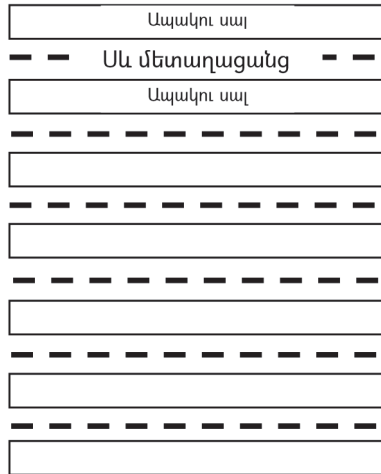
Ներկայացվող սարքը պատկանում է Արևի ճառագայթման էներգիան նյութի ջերմային էներգիայի վերածող սարքերի դասին, որոնք այնուհետև օգտագործվում են օդի տաքացման համար: Որպես Արևի էներգիայի կուտակիչ ծառայում է ապակին: Արևի ճառագայթման միջոցով տաքացվում է ապակին, որի մակերեսի հետ օդի հպումն ապահովելով և օդը շրջանառելով՝ հնարավոր է լինում ստանալ մեծածավալ տաք օդային հոսքեր: Օդի տաքացումը հիմնված է շատ պարզ մեխանիզմի վրա. սառն օդային հոսքը տաքանում է՝ մղվելով տաք ապակու մակերևույթով և հովացնելով վերջինս:

Եթե ապակու ջերմային էներգիայի շնորհիվ օդի բուն տաքացման պրոցեսը բավականաչափ պարզ է, ապա սարքավորման արդյունավետության համար հարկավոր է լուծել մի շարք՝ առնվազն երկու իրար հետ փոխկապակցված տեխնիկական բնույթի խնդիրներ: Նախ՝ անհրաժեշտ է լուծել Արևի միջոցով մեծ զանգվածով ապակու տաքացման խնդիրը: Մեծ քանակությամբ ապակու անհրաժեշտությունը պայմանավորված է նրանով, որ այն, բացի օդի բուն տաքացնող մակերևույթ ծառայելուց, պետք է հանդիսանա նաև Արևի էներգիայի կուտակիչ:

Ուստի մեծ քանակությամբ էներգիա կուտակելու համար հարկավոր է ունենալ ապակու զգալի զանգված: Երկրորդ խնդիրը օդի և ապակու միջև հպման մեծ մակերևույթ ունենալը, ինչպես նաև այդ մակերևույթին հարող տիրույթներով օդի զգալի հոսքեր ստանալն է: Պարզ է, որ ապակու և օդի միջև հպման միայն մեծ մակերեսի դեպքում կարելի է հասնել նրանց միջև էական ջերմափոխանակության: Հասկանալի է նաև, որ հպման փոքր մակերևույթի դեպքում, հաշվի առնելով ապակի-օդ ջերմափոխանակման գործակցի ոչ այնքան մեծ արժեքը ($5.7 \text{ Վր}/(\text{մ}^2 \cdot \text{C})$), նույնիսկ շատ տաք ապակու դեպքում հնարավոր չի լինի ստանալ մեծ ծավալներով տաք օդային հոսքեր:

Սույն աշխատանքում ներկայացվող սարքավորումը, ըստ էության, վերը նշված երկու խնդիրների փոխկապակցված լուծման տարբերակն է:

Արևի էներգիան ջերմային էներգիայի տեսքով շոշափելի ծավալներով կուտակելու համար առաջարկվում է որպես կուտակիչ օգտագործել ապակի – մետաղական ցանց – ապակի մետաղական ցանց տիպի շերտավոր համակարգ, որն անվանել ենք ապակյա մետաղա-ցանցային սենդվիչ: Սենդվիչի ապակիները ենթադրվում են լուսաթափանց կամ գունազերծ, իսկ մետաղական ցանցերը՝ սև գույնի (նկ.1):



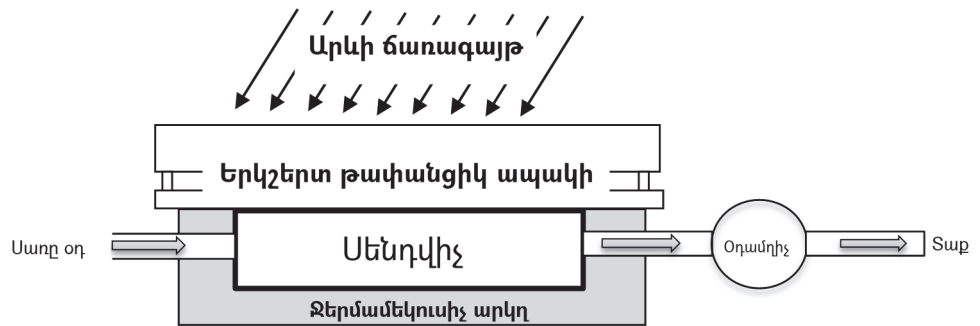
Նկ. 1. Ապակի – մետաղացանց սենդվիչը

Արևի ճառագայթների ներքո սենդվիչի ապակիները և մետաղական ցանցը տաքանում են: Քանի որ ապակյա սալերը լուսաթափանց են, այսինքն՝ թույլ են կլանում Արևի ճառագայթումը, ապա սենդվիչի ծավալում Արևի էներգիայի կուտակումը կատարվում է նրանում սև մետաղական ցանցի առկայության շնորհիվ: Սենդվիչի մետաղական ցանցերը, իրենց գույնի և փոքր ջերմունակության շնորհիվ, կլանելով Արևի ճառագայթումը, շատ արագ տաքանում են: Հասկանալի է, որ տաք մետաղական ցանցը, գտնվելով ապակյա սալերի հետ անմիջական հպման մեջ, կհանգեցնի վերջիններիս տաքացմանը: Իր հերթին ապակու գունազերծ լինելն ապահովում է Արևի ճառագայթների համար թափանցելիություն սենդվիչի ողջ ծավալով: Ակնհայտ է, որ անցնելով դեպի սենդվիչի ստորին շերտեր՝ ցանցային շերտավոր համակարգով, լույսի ինտենսիվությունը նվազում է աստիճանաբար, այլ ոչ թե կտրուկ ձևով գունավոր ապակի (օրինակ՝ օբսիդիան) օգտագործելու դեպքում: Հայտնի է, որ գունավոր ապակու դեպքում լույսի ինտենսիվությունը, կախված շերտի հաստությունից, նվազում է էքսպոնենցիալ օրենքով: Հասկանալի է նաև, որ գունավոր ապակու կլանումն ընթանում է հիմնականում վերին շերտերում, և էներգիայի տարածումը դեպի ստորին շերտեր ընթանում է հիմնականում ջերմահաղորդականության մեխանիզմով: Հավելենք նաև, որ գունավոր ապակու վերաճառագայթումը շատ ավելի ուժեղ է, քան լուսաթափանցինը:

Դիտարկենք լույսի անցումը սենդվիչի ծավալի միջով (նկ.2): Ենթադրենք, որ փռված ցանցը ծածկում է մակերևույթի δ մասը: Բնական է ենթադրել, որ փռված ցանցի միջոցով կլանվում է մակերևույթի վրա ընկած ճառագայթման δ մասը, և հետևաբար՝ ցանցով անցնում է ճառագայթման միայն 1- δ մասը:

Հասկանալի է, որ $\delta=0$ դեպքը համապատասխանում է ցանցի բացակայությանը, իսկ $\delta=1$ դեպքում ցանցը, ըստ էության, հանդիսանում է ամբողջական

թիթեղ: Ենթադրելով, որ համեմատած մետաղական ցանցերին, ապակու միջոցով լույսի կլանումը չնչին է, և անտեսելով ապակուց լույսի անդրադարձումը՝ հեշտ է ցույց տալ, որ N հատ ցանցերի միջով անցնելու դեպքում լույսի ինտենսիվությունը նվազում է $(1 - \delta)^N$ անգամ: Այսպես, օրինակ, $\delta=0.3$ ծածկույթի խտությամբ $N = 6$ ցանցերով անցնելու դեպքում լույսի ինտենսիվությունը նվազում է շուրջ 10 անգամ: Հետևաբար, սենդվիչի միջոցով կլանվել է Արևի ճառագայթման 0.9-րդ մասը: Գործնականում այս թիվը լինում է ավելի փոքր: Այն առավել լավ է արտահայտում իրողությունը, երբ Արևի ճառագայթները սենդվիչի մակերևույթի վրա ընկնում են ուղղահայաց: Այսպես կոչված, նորմալ անկումից զգալի շեղումների դեպքում ապակու սալերից անդրադարձումների դերը դառնում է շոշափելի:



Նկ. 2. Ջերմակուտակիչ համակարգի սխեմատիկական պատկերը

Այսպիսով, մետաղական ցանց-ապակի սենդվիչի կառուցվածքը կարող է ծառայել որպես ջերմային էներգիայի տեսքով Արևի էներգիայի կուտակիչ: Պատշաճ մակարդակով այն ջերմամեկուսացնելու դեպքում նրանում կուտակված էներգիան կարելի է պահպանել տևական ժամանակ, ընդհուպ մինչև օրեր: Սենդվիչի կառուցվածի ամբողջ ծավալից, Արևի ճառագայթման ներթափանցման համար, գործնականում առավել նպատակահարմար է օգտագործել միայն վերին մակերևույթը: Տեղադրելով սենդվիչը ջերմանթափանց պատերով արկղի մեջ, վերին՝ դեպի Արևն ուղղված կողմը սենդվիչի ծավալ ճառագայթների ներթափանցման համար, ընտրված երկշերտ միջանկյալ օդային շերտով ապակու տեսքով՝ կարելի է ստանալ բարձր արդյունավետությամբ ջերմակուտակիչ համակարգ:

Ջերմային էներգիայի կուտակիչ սարքավորման համար սենդվիչի կառուցվածքի՝ որպես ակտիվ տարր ծառայելու օգտակարությունը գնահատելու համար տանք հետևյալ գնահատականները: Ստորև դիտարկվում է ակունույացիոն սարքավորման աշխատանքը ոչ բարենպաստ պայմանների՝ ամպամած, ակունույացիոն արկղի վերին լուսաթափանց շերտի մակերևույթի վրա Արևի ճառագայթների թեք անկման, շերտի աղտոտվածության և այլ դեպքերում: Նման դեպքե-

րում ընդունելով, որ 1մ^2 մակերեսով սենդվիչի ծավալ ներթափանցող Արևի ճառագայթման հզորությունը կազմում է մոտ 200Վտ , ընտրված թիվը մոտ հինգ անգամ ավելի փոքր կլինի Երկրի մակերևույթի վրա գտնվող Արևի ճառագայթների նուղահայաց տեղադրված 1մ^2 մակերեսին համապատասխանող հզորությունից, հետևաբար, այն համապատասխանում է խիստ անբարենպաստ պայմանների դեպքին: Եթե օրվա կտրվածքով կուտակիչ համակարգը Արևից սնուցվի նշված հզորությամբ շուրջ 6 ժամ (համակարգը գտնվում է ոչ այնքան շատ արևոտ տեղում), ապա հեշտ է հաշվարկել 1մ^2 -ի հաղորդած էներգիան.

$$6 \cdot 3600\text{վ} \cdot 200\text{Վտ} = 4.32 \cdot 10^6 \text{Ջ}:$$

Դիցուք սենդվիչը կազմված է 1սմ (0.01մ) հաստությամբ ապակյա չորս սալերից՝ մեկը մյուսից տարանջատված մետաղական ցանցեր պարունակող տիրույթներով: Դիտարկելով սիլիկատային ապակի (խտությունը 2500կգ/մ^3) և անտեսելով ապակու նկատմամբ ցանցերի զանգվածը, յոթ սալանոց 1մ^2 մակերեսով սենդվիչի զանգվածի համար կունենանք՝

$$m = 4 \cdot 0.01\text{մ} \cdot 1\text{մ}^2 \cdot 2500\text{կգ/մ}^3 = 100\text{կգ}:$$

Սիլիկատային ապակու ջերմունակությունը, կախված ապակում խառնուրդների տարատեսակներից, տատանվում է $800\text{Ջ/(կգ}\cdot\text{Կ)}$ արժեքի շուրջը: Առաջնորդվելով այս արժեքով, հեշտ է գնահատել, որ $4.32 \cdot 10^6 \text{Ջ}$ էներգիա հաղորդելու դեպքում 100կգ զանգվածով սենդվիչի ջերմաստիճանը կաճի շուրջ $\Delta T_{\text{glass}} = 54^\circ\text{C}$ -ով: Հասկանալի է, որ Արևի ճառագայթման ներքո սենդվիչի ծավալն ըստ խորության կտաքանա խիստ անհամաչափ: Ավելի արագ կտաքանան վերին սալերը, քան ստորինները: Այդուհանդերձ, պայմանավորված ջերմահաղորդականության մեխանիզմով, կդիտվի արագ ջերմափոխանակություն, և համակարգի բոլոր կետերը, համեմատաբար կարճ ժամանակում, ձեռք կբերեն միևնույն ջերմաստիճանը:

Կամայական ջերմակուտակիչ համակարգից, որքան էլ որ նա լինի արտաքին աշխարհից լավ ջերմամեկուսացված, միշտ տեղի է ունենում էներգիայի արտահոսք: Հակառակ դեպքում՝ ժամանակի ընթացքում համակարգի ջերմաստիճանը կունենար անընդհատ աճման միտում: Այդ արտահոսքը լինում է այնքան մեծ, որքան մեծ է համակարգի և արտաքին միջավայրի միջև ջերմաստիճանների տարբերությունը: Այն աճում է նաև համակարգի և արտաքին միջավայրի հպման մակերևույթից կախված: Դիտարկվող համակարգի դեպքում բնականոն ջերմահեռացումը սենդվիչի ծավալից ընթանում է նրան պատած ջերմամեկուսիչ արկղի մակերևութով, նրա կողքի պատերով, հատակով և երկջերտ ապակու կառուցվածք ներկայացնող վերին մասով: Ստորև դիտարկվում է

սենդվիչը՝ նրանում ընդգրկված արկղի կողային և ստորին հատվածները պատած հայտնի ջերմամեկուսիչ (օրինակ, պենոպլաստ, ջերմապլաստիկ և այլն) նյութերով: Այդ դեպքում, աշխատանքային ռեժիմին համապատասխան, ջերմաստիճանների տարբերությունների համար $1մ \times 1մ$ մակերեսով ջերմակուտակիչ համակարգի ջերմակորուստների հզորությանը կարելի է համարել չգերազանցող $10 Վտ$ -ը:

Համաձայն վերն ասվածի՝ 6 ժամվա ընթացքում $200 Վտ$ հզորությամբ լիցքավորվելու դեպքում և միջինում $10 Վտ$ կորստի պարագայում, համակարգը օրվա ընթացքում ձեռք կբերի $6 \cdot 3600վ \cdot 200 Վտ - 24 \cdot 3600վ \cdot 10 Վտ = 3.5 \cdot 10^6 Ջ$: Կուտակված ջերմաքանակի մեծությունը օդի տաքացման խնդրի կտրվածքով հասկանալու համար՝ նկատենք, որ, օրինակ, այն $300մ^3$ (մեծ բնակարանի՝ $100մ^2$ մակերես և $3մ$ բարձրություն) ծավալով օդին հաղորդելու դեպքում վերջինիս ջերմաստիճանը կաճի շուրջ $\Delta T_{air} = 12^\circ C$ -ով: Օդի խտությունը համարել ենք հավասար $1.3կգ/մ^3$, իսկ հաստատուն ծավալի դեպքում տեսակարար ջերմունակությունը՝ $720 Ջ/(կգ \cdot Կ)$:

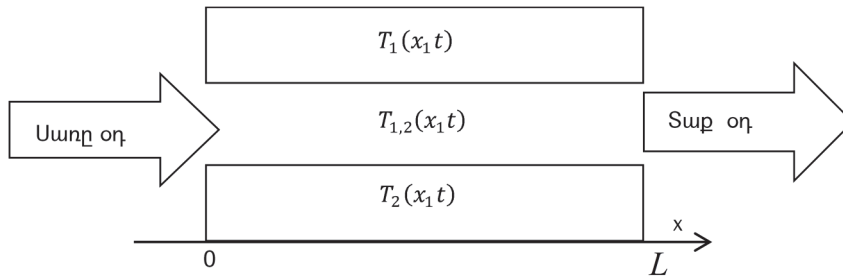
Սենյակային ջերմաստիճանների տիրույթի համար $12^\circ C$ ջերմաստիճանով աճը բավականաչափ շոշափելի է, այդուհանդերձ, այս թվին պետք է վերաբերվել որոշակի վերապահումով: Խնդիրն այն է, որ սենդվիչի նույնիսկ իդեալական ջերմամեկուսացված լինելու պարագայում ապակումուլացման պրոցեսի համար միշտ առկա է օ.գ.գ.-ի գործոնը: Հետևաբար, ջերմակուտակիչ սարքում կուտակված էներգիան չի կարող ամբողջությամբ փոխանցվել օդին: Օդ-սենդվիչ ջերմափոխանակման պրոցեսին կարելի է տալ հետևյալ որակական գնահատականները.

- որքան մեծ է օդի և սենդվիչի ապակիների միջև համան մակերեսը, այնքան լավ է ընթանում նրանց միջև ջերմափոխանակությունը,
- որքան մեծ է օդի և ապակիների միջև ջերմաստիճանների տարբերությունը, այնքան մեծ է նրանց միջև ջերմափոխանակությունը:

Նկ. 3 – ում տրված է ապակյա երկու սալերի միջով անցնող օդային հոսքի տաքացման պրոցեսի սխեման, որում $T_1(x, t)$ -ն և $T_2(x, t)$ -ն համապատասխանում են 1-ին և 2-րդ սալերի ջերմաստիճաններին, իսկ $T_{12}(x, t)$ -ը՝ նրանց միջև օդային հոսքին x կետում ժամանակի t պահին:

Նշանակենք սալերի հաստությունները h_1, h_2 , իսկ նրանց միջև ընկած օդային տիրույթի հաստությունը՝ $h_{1,2}$: Ընդունենք՝ սալերի մակերեսները նույնական են և ունեն a լայնությունը և L երկարությունը:

Տաք սենդվիչի էներգիան նրա ծավալի միջով անցնող օդային հոսքին փոխանցելու պրոցեսը քանակապես նկարագրելու համար դիմենք հետևյալ խիստ պարզեցված մոդելին:



Նկ. 3. Ապակյա սալերի միջով անցնող օդի տաքացման պրոցեսի սխեման

Նախ ենթադրենք, որ պրոցեսի ողջ ընթացքում ամեն մի ապակու ծավալի ներսում ջերմաստիճանի փոփոխությունն ըստ խորության չնչին է: Պայմանավորված օդային հոսքով՝ ջերմաստիճանների զգալի տարբերություն կարող է դիտվել միայն սալերի ըստ երկայնքի տարբեր տիրույթների միջև: Հասկանալի է, որ օդի ներհոսքին մոտ տիրույթներում ապակին կլինի ավելի սառը, քան արտահոսքին մոտ տիրույթներում: Դիտարկումն էլ ավելի պարզեցնելու համար անտեսենք նաև օդի հոսքում ճնշման փոփոխությունը: Համարենք, որ սալերի միջև տիրույթներում օդի հոսքի արագությունը բոլոր կետերի համար նույնն է: Արհամարհենք նաև օդի ջերմահաղորդականությունը, համարելով, որ նրանում ջերմափոխանցում երևույթը պայմանավորված է միայն ապակիների հետ ջերմատվության մեխանիզմով: Ջերմահաղորդականությամբ պայմանավորված ջերմաքանակի փոխանցում դիտվում է միայն ապակիների ծավալներում:

Վերը նշված ենթադրություններից ելնելով՝ ջերմափոխանցման պրոցեսի նկարագրման համար կարելի է առաջարկել հետևյալ մասնակի դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգը.

$$\frac{\partial T_1(x,t)}{\partial t} = -\frac{\alpha}{C\rho h_1}[T_1(x,t) - T_{12}(x,t)] + \frac{q_1}{C\rho h_1} - \gamma T_1(x,t), \quad (1)$$

$$\frac{\partial T_{12}(x,t)}{\partial t} = -u \frac{\partial T_{12}(x,t)}{\partial x} + \frac{\alpha}{C\rho h_2}[T_2(x,t) + T_1(x,t) - 2T_{12}(x,t)], \quad (2)$$

$$\frac{\partial T_2(x,t)}{\partial t} = -\frac{\alpha}{C\rho h_2}[T_2(x,t) - T_{12}(x,t)] + \frac{q_2}{C\rho h_2} - \gamma T_2(x,t), \quad (3)$$

որտեղ օդի հոսքի արագությունն է, $\lambda \approx 1.1 \text{ Վր}/(\text{մ}^2 \cdot \text{Կ})$ -ն՝ ապակու ջերմահաղորդականության գործակիցը, $\alpha \approx 5 \text{ Վր}/(\text{մ}^2 \cdot \text{Կ})$ -ն՝ ապակի - օդ ջերմատվության գոր-

ծակիցը: $C = 800 \text{ Զ}/(\text{կգ} \cdot \text{Կ})$, $\rho = 2500 \text{ կգ}/\text{մ}^3$, $C = 720 \text{ Զ}/(\text{կգ} \cdot \text{Կ})$, $\bar{\rho} = 1.3 \text{ կգ}/\text{մ}^3$ համապատասխանում են ապակու և օդի տեսակարար ջերմունակությանն ու խտությանը: (1) - (3) համակարգում q_1, q_2 -ը Արևից առաջին և երկրորդ ապակիների միավոր մակերեսին միավոր ժամանակում հաղորդված էներգիայի քանակներն են: q_1, q_2 մեծություններով պայմանավորված ջերմաստիճանների անվերջ աճը սահմանափակելու համար, (1)-(3) հավասարումները համալրվել են ջերմաստիճանին համեմատական $-\gamma T(x)$ ($\gamma > 0$) տիպի անդամներով: Վերջիններս կոչված են հաշվառելու համակարգում առկա ջերմային կորուստները:

Պրոցեսի ստացիոնար պատկերի դեպքում բերված (1)-(3) մասնակի դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգը վերածվում է սովորական անհամասեռ դիֆերենցիալ հավասարումների համակարգի.

$$\frac{d^2 T_1(x)}{dx^2} - \frac{\alpha}{\lambda h_1} [T_1(x) - T_{12}(x)] + \frac{q_1}{\lambda h_1} = 0, \quad (4)$$

$$\frac{dT_{12}(x)}{dx} - \frac{\alpha}{u \bar{C} \bar{\rho} h_{12}} [T_1(x) - T_{12}(x)] - \frac{\alpha}{u \bar{C} \bar{\rho} h_{12}} [T_2(x) - T_{12}(x)] = 0, \quad (5)$$

$$\frac{d^2 T_2(x)}{dx^2} - \frac{\alpha}{\lambda h_2} [T_2(x) - T_{12}(x)] + \frac{q_2}{\lambda h_2} = 0: \quad (6)$$

Ընդհանուր դեպքում անալիտիկ լուծում չունեցող (4)-(6) հավասարումների համակարգն ինտեգրվում է թվային եղանակով և, կախված խնդրի դրվածքից, այն պետք է համալրվի որոշակի սահմանային պայմաններով:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Medrano M., Gil A., Martorell I.** et.al // Renewable Sustainable Energy Rev. - 2010.- 14.- P. 56–72.
2. **Лукутин Б.В., Суржикова О.А., Шандарова Е.Б.** Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении.- М.: Энергоатомиздат, 2008.- 217с.
3. **Sakarapunthip N., Chenvidhya D.** et.al //Japanese Journal of Applied Physics. - 2017.- 56.- 08ME02.
4. **Markvart T., Landsberg P.T.** // Physica E. – 2002.- 14.- P. 71-77.
5. **Blumberga A., Timma L., Blumberga D.** // Environmental and Climate Technologies.- 2016.-10, 54.

А.Ж. ХАЧАТРЯН

**ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА, АККУМУЛИРУЮЩАЯ
ЭНЕРГИЮ СОЛНЦА**

Предлагаемая в работе установка относится к направлению солнечной энергетики в области альтернативной энергетики. Являясь аккумулялирующей установкой для энергии Солнца, она позволяет получать большие объёмы теплого воздуха в течение дня вплоть до глубокой ночи. Представленная установка осуществляет преобразование накопленной в течение дня энергии Солнца в тепловую энергию воздушного потока.

Ключевые слова: солнечная энергетика, накопитель тепла, воздухонагреватель.

A.ZH. KHACHATRIAN

AN AIR-HEATING FACILITY ACCUMULATING THE SOLAR ENERGY

The proposed facility is referred to the direction of Solar energy in the alternative energy area. Being an accumulation facility for the Solar energy, it allows to receive large volumes of warm air throughout the day until late at night. The introduced unit realizes the conversion of the Solar energy accumulated during the day in to the thermal energy of an air flow.

Keywords: Solar energy, heat accumulator, air heater.

UDC 533.98:539.216:620.172.24

K.H. AHARONYAN, E.P. KOKANYAN

**SCREENED IMPURITY ENERGY OF QUANTUM WELL WITH THE
HIGH- κ TYPE DIELECTRIC CONTRAST**

Quantum well / high- κ type barrier dielectric mismatch related problem is elaborated from the first principles. An influence of the Debye-Hückel type potential analytical features on the screened impurity binding energy is considered for the first time. Inclusive numerical analysis of both *high- κ barrier/quantum well/high- κ barrier* and *low- κ barrier/quantum well/high- κ barrier* two-dimensional structures on the basis of InSb/HfO₂ heterointerface is investigated.

Keywords: quantum well, impurity, high – κ type dielectric contrast.

Since the scaling of optoelectronic devices is currently reaching its own available physical and best possible limits, the semiconductor quantum well (QW) channels with highly mobile carriers and dielectric gate layers with sub-nanometer equivalent thickness acquire the decisive importance in semiconductor technology. At present, these challenges lead to the justified utilization of the III-V group